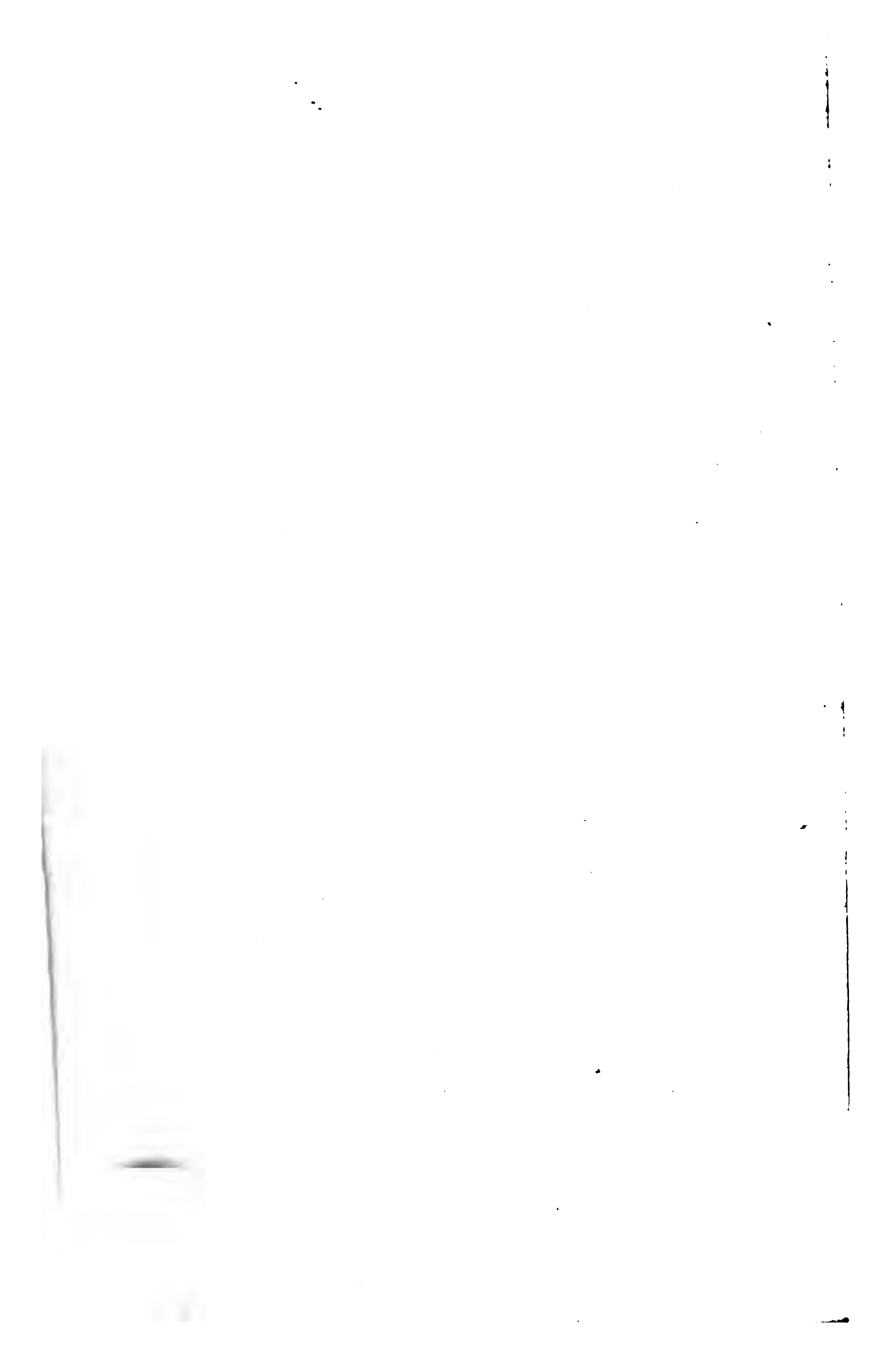




WAS HEISST

EIN CHEMISCHES AEQUIVALENT?

VON

F. A. HARTSEN.



WAS HEISST

EIN CHEMISCHES AEQUIVALENT?

KRITIK

DER HEUTIGEN CHEMIE

UND

VORSCHLAG ZUR BERICHTIGUNG

VON

F. A. HARTSEN.

„Du hast alles geordnet mit
Zahl, Maass und Gewicht.“
(*Ein alter Chemiker.*)

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1876.

Vorwort.

Den aufmerksamen Lesern unserer Schrift „Die philosophischen Anfangsgründe der Chemie“ wird es nicht entgangen sein, dass wir in derselben einen wichtigen Gegenstand nur flüchtig berührt haben: die Lehre der Aequivalente mit Zubehör.

Unser Verhalten in dieser Beziehung, wir scheuen uns nicht es einzugestehen, hat seinen Grund darin, dass jener Gegenstand uns nicht klar genug war.

Schon auf der Universität haben die Aequivalentenlehre, ihr Verhältniss zum Atomgewicht, ihre Beziehung zur Spannung des Dampfes, sowie die stöchiometrische Rechnung, zu mancher sauren Stunde uns verholfen. Es wollte uns gar nicht klar werden, und bei den Examinis blieb uns nichts anderes übrig, als dasjenige, was in den Handbüchern darüber zu lesen ist, mechanisch herzusagen.

Anfänglich pflegten wir diesen Mangel an Verständniss auf die Beschränktheit unseres eignen Verstandes zu schieben. Jedoch, das ernsthafte Streben, über die „philosophischen“ (d. h. ersten) Anfangsgründe der Chemie in's Klare zu kommen, hat unser Selbstvertrauen geweckt, und endlich uns zur Einsicht verholfen, dass

es nicht an uns mangelte, sondern an dem Gegenstand selbst, dass unser Unverstand sogar uns zur Ehre gereichte.

Zugleich fühlten wir uns aufgefordert, einen Versuch zu wagen, dem Uebel abzuhelfen, eingedenk der Wahrheit, dass manchmal den Kleinen offenbart worden ist, was den Grossen und Mächtigen verborgen blieb. Eine erste Bedingung hierzu schien uns jedoch, zu den ersten Anfangsgründen der Chemie zurückzugehen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass wir Recht hatten. Und jetzt wollen wir den Stier bei den Hörnern fassen wie man sagt.

Unsere Betrachtungen sind das Ergebniss gewissenhafter Forschung. Sollten wir dennoch uns irren: man habe die Güte uns zu widerlegen. Dann aber gebe man uns endlich eine klare und vollständige Darstellung der üblichen Aequivalentenlehre.

Cannes, im Dezember 1875.

F. A. H.

Eine erste Bedingung zur genauen Erkenntniss über ein Gebiet von Gegenständen ist eine Sprache (Terminologie, Nomenclatur), kurz ein Ganzes von Zeichen über dieselben, und zwar eine vernünftige Sprache. Eine vernünftige Sprache für ein Gebiet von Gegenständen ist aber eine solche, wo jeder Name eines Gegenstandes sogleich einen Einblick in das Wesen dieses Gegenstandes uns gewährt, d. h. mit den wichtigsten Eigenschaften des Gegenstandes uns bekannt macht, mit Einschluss von dessen Beziehungen zu jedem anderen Gegenstand desselben Gebiets.

Solche Sprachen hat man in der Botanik, oder Wissenschaft über die Pflanzen; der Zoologie, oder Wissenschaft über die Thiere u. s. w. In der Wissenschaft über die Stoffarten, der Chemie, fehlt sie zwar nicht, ist sie sogar in gewissen Beziehungen hoch ausgebildet; das Hauptsächlichste aber fehlt hier, nämlich Einheit und die Grundlage.

Eine vernünftige Sprache über ein Gebiet von Gegenständen setzt nun voraus, dass der Name eines Gegenstandes uns soviel möglich die Beziehungen des Gegenstandes zu allen anderen kennen lehrt. Dies kann der Name nur dann, wenn er selbst zu den

Namen der anderen in einer gewissen Beziehung steht und zwar so, dass jedesmal der Name eines Gegenstandes zu dem Namen eines anderen Gegenstandes in einer Beziehung steht, entsprechend der Beziehung, in welcher der Gegenstand des einen zu dem Gegenstand des anderen steht.

Weiter setzt eine solche Sprache voraus, dass es möglich sei, die Gegenstände so zu ordnen, dass aus einem derselben alle anderen abgeleitet werden können, so dass man alle als gewisse Abänderungen eines und desselben bestimmten Gegenstandes betrachten kann. Eine solche Anordnung nun ist ein System oder eine Anordnung (Classification).

Die vernünftige Sprache für ein Gebiet von Gegenständen setzt also ein System, eine wissenschaftliche Anordnung derselben voraus.

Um ein solches System zu bilden ist es vor Allem nöthig, einen Grund (ein Princip) zu bestimmen, nach welchem man die Gegenstände eintheilen soll, d. h. eine Eigenschaft, deren Mangel oder Besitz entscheidet, welche Stelle ein beliebiger Gegenstand im System einnehmen soll.

Jede Eigenschaft eines Gegenstandes kann dazu dienen, um so besser jedoch, als sie wichtiger ist, d. h. mit dem Wesen des Gegenstandes inniger zusammenhängt. Bei den Gegenständen der Chemie, den Stoffarten, kann es am besten die Art der Zusammensetzung, wenn sie eine solche haben. Da nun einige derselben als nicht zusammengesetzt, als einfach betrachtet werden, so haben wir gleich die Haupteintheilung: einfache Stoffe und zusammengesetzte. Es

handelt sich jetzt darum, diese beiden Abtheilungen weiter einzutheilen.

Fangen wir an mit den einfachen Stoffen.

Das Wichtigste der einfachen Stoffe ist wohl deren Verhalten zu einander, d. h. die Art und Weise, wie sie mit einander sich verbinden. Folgende Eigenthümlichkeit ist hier zu bemerken.

Es ist lange bekannt, dass die Stoffe mit einander Verbindungen eingehen. Nun sind die meisten Stoffe aber so beschaffen, dass, wenn ein Stoff S mit einem anderen S′ sich verbindet, eine bestimmte Gewichtsmenge, ein Gramm z. B. des Einen (**caeteris paribus**) mit einer bestimmten Gewichtsmenge des Anderen sich verbindet, um mit diesem eine bestimmte Verbindung zu bilden, so dass, die Menge der Verbindung sei so gross oder so klein sie wolle, immer die Gewichtsmenge des einen Bestandtheils zu der Gewichtsmenge des anderen Bestandtheils in einem stetigen Verhältniss steht, z. B. als 1 : 8. Man kann dieses Gesetz auch so ausdrücken, indem man sagt, dass die Menge einer Verbindung in stetigem Verhältniss wächst oder abnimmt mit der Menge eines der Componenten, und zwar nach einer arithmetischen Reihe der ersten Ordnung. Wenn eine bestimmte Menge einer Verbindung vorliegt, ist es also möglich, durch Berechnung zu finden, wieviel jeder der einzelnen Stoffe darin enthalten ist. Und wenn eine gewisse Menge des einen Bestandtheils gegeben ist, kann man berechnen, wieviel vom anderen nöthig ist, um denselben in jene Verbindung überzuführen.

Wenn nun mehrere verschiedene Stoffe mit einem und demselben Stoff S sich verbinden, so ist die Gewichtsmenge von S, welcher mit einer gegebenen Gewichtsmenge irgend eines der anderen, caeteris paribus, sich verbindet, nicht dieselbe für jeden Stoff, sondern ist für jeden eine verschiedene. Jedoch, die Gewichtsmenge eines Stoffs S, welche mit einer gegebenen Gewichtsmenge eines gegebenen Stoffs (z. B. eines Grammes Sauerstoff) sich verbindet, ist keine Eigenthümlichkeit jedes Stoffs S. Sie ist nicht kennzeichnend für denselben.

Wenn aber zwei Stoffe, S u. S', mit einer gegebenen Gewichtsmenge eines und desselben Stoffs S''' ähnliche Verbindungen eingehen, so wird man die Verbindung des einen ($S S'''$) betrachten können als die Verbindung des anderen $S'.S'''$, in welcher S ersetzt ist durch S'. Nun tritt aber jeder Stoff dabei mit seiner eigenen Zahl auf, so dass man sagen kann, 1 Theil des einen Stoffs ersetze oder vertrete bei S''' so und so viel des anderen. Man kann also berechnen wie viel eines bestimmten Stoffs erforderlich ist, um eine gegebene Menge eines anderen in einer gegebenen Verbindung zu ersetzen. Die verschiedenen Mengen verschiedener Stoffe, welche mit der gegebenen Menge des Stoffs S''' sich verbinden, sind also gleichwerthig gegenüber einander, sie können einander bei derselben ersetzen, sie sind, wie man sagt, aequivalent mit Bezug auf diese Menge S'''.

Da nun jede Eigenschaft, welche mehrere Dinge gemeinschaftlich haben, zur Grundlage einer Eintheilung derselben dienen kann, so kann also auch

die genannte Eigenschaft der Stoffe dienen, um die Stoffe zu ordnen und folglich zu bezeichnen.

Es ist also ganz natürlich, dass man versucht hat, die Stoffe einzutheilen nach deren Aequivalenten, d. h. nach der Menge eines vorliegenden Stoffs, welche mit einer gewissen Menge eines bestimmten anderen sich verbindet, um eine vorliegende Verbindung zu erzeugen.

Die grosse Frage aber ist, wie man dabei verfahren soll, um eine gute Eintheilung zu erlangen.

Die erste Forderung einer guter Eintheilung ist Einheit. D. h. in jeder Eintheilung sollen sämmtliche Bestandtheile auf einen gemeinschaftlichen und zwar möglichst einfachen Bestandtheil zurückgeführt sein; alle sollen als verschiedene Abänderungen dieses gemeinschaftlichen Gegenstands (Typus) dargestellt sein. Will man also die Stoffe nach deren Aequivalentzahlen ordnen, so soll man ein für allemal eine bestimmte Menge eines bestimmten Stoffs als Maassstab setzen, und für jeden anderen Stoff bestimmen, wie viel desselben mit dieser Menge sich verbindet, unter gegebenen Umständen, z. B. bei gegebenem Wärmegrad oder zu einer Verbindung bestimmter Beschaffenheit.

Die letzteren Worte dürfen nicht fehlen. Denn, wie gesagt, die Menge, in welcher ein bestimmter Stoff mit einer bestimmten Menge eines anderen sich verbindet, ist verschieden nach den Umständen. Es kann z. B. geschehen, dass, unter verschiedenen Umständen, eine bestimmte Gewichtsmenge eines Stoffs mit verschiedenen Gewichtsmengen eines und desselben zweiten

Stoffs sich verbindet. So z. B. bei dem Stickstoff, dem Sauerstoff gegenüber. Um das Aequivalent eines Stoffs mit Bezug auf eine bestimmte Gewichtsmenge eines andern zu bestimmen, soll man also die Umstände angeben, für welche man das Aequivalent bestimmt.

Jetzt handelt es sich darum, unter diesen Bedingungen die Aequivalentzahlen der Stoffe zu bestimmen.

Sehen wir einmal zu, in wiefern das Verfahren der heutigen Chemie jenen Anforderungen entspricht.

Dass eine gewisse Menge eines bestimmten Stoffs als Maassstab zu Grunde gelegt werden soll, hat man richtig eingesehen. In den Handbüchern findet man als solchen den Sauerstoff, und zwar 8 Gewichtstheile desselben aufgeführt. Da nun ein Gewichtstheil Wasserstoff mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff sich verbindet, so hat man folgerichtig das Aequivalent des Wasserstoffs I genannt.

Also: das Aequivalent eines Stoffs ist die Gewichtsmenge desselben, welche einem Gewichtstheile Wasserstoff entspricht, d. h. mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff sich verbindet wie 1 Theil Wasserstoff mit denselben 8 Gew. Sauerstoff sich verbindet zu Wasser.

Um nun die Aequivalente der anderen Stoffe zu finden, z. B. des Chlors, was hat man zu thun? Man hat Aehnliches zu thun wie für den Wasserstoff, d. h. zu untersuchen, wie viel Gewichtstheile, etwa Gramme [1]),

---

[1]) „Gewichtstheile", besser: Einheiten, überhaupt: Volumina z. B. Das sicherste Mittel um die Menge eines Stoffs zu bestimmen, bleibt jedoch das Gewicht. Daher man die Aequivalente vorzugsweise als Gewichtsmengen bestimmt.

des Chlors z. B. sich verbinden mit acht Gewichtstheilen (etwa Gramme) Sauerstoff, unter den Umständen, welche Wasser bilden aus H und O. Man hat z. B. acht Gramme Sauerstoff zu sättigen mit Chlor und die Menge von Grammen Chlor zu bestimmen, welche hierzu nöthig ist. Man hat dann die Menge Chlor, welche den acht Grammen Sauerstoff gegenüber sich verhält wie 1 Gr. Wasserstoff. Mit einem Wort man hat nun das Aequivalent des Chlors.

Soweit ist das Verfahren des Chemikers untadelhaft. Für das Chlor finden wir 35, 5. Ganz anders aber, wenn es sich darum handelt, das Aequivalent einiger anderen Stoffe zu bestimmen.

Das Aequivalent des Siliciums würde nach obigen Grundsätzen dadurch gefunden werden, dass man 8 Gr. Sauerstoff sättigt mit Silicium und die verbrauchte Menge Silicium wiegt. Aber nein, beim Silicium wird eine ganz andere Methode befolgt. Desgleichen mit Quecksilber u. s. w. Kurz und gut: der Ausdruck „Aequivalent“ erhält hier auf ein Mal einen ganz andern Sinn.

Das Schlimmste aber ist, wenn man das Aequivalent des Sauerstoffs selbst aufgeführt findet als 8. Wie ist das möglich! Aequivalent eines Stoffs war ja die Zahl der Gewichtstheile desselben, welche sich verbindet mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff, welche also wie 1 Gewichtstheil Wasserstoff zu 8 Gewichtstheilen Sauerstoff sich verhält. Aber 8 Gewichtstheile Sauerstoff vertreten nicht 1 Theil Wasserstoff, nein, sie verbinden sich mit 1 Theil Wasserstoff. 8 ist also nicht das

Aequivalent des Sauerstoffs wie z. B. 1 das Aequivalent des Wasserstoffs oder 16 das Aequivalent des Schwefels. Es ist der **Maassstab selbst!**

Einige klagen, dass es schwierig sei, das Aequivalent gewisser Metalle zu bestimmen. Wir glauben es ihnen gern!

Noch eine Bemerkung. Wir sind bei unseren Betrachtungen über Aequivalente von der Voraussetzung ausgegangen, dass immer dieselbe Menge eines Stoffs immer mit derselben Gewichtsmenge eines Stoffs sich verbindet. Dies ist nun zwar im Allgemeinen richtig, jedoch nur unter einer Beschränkung, nämlich mit der Beifügung: unter gleichen Umständen. Wir wissen ja, dass 1 Gewichtstheil Wasserstoff nicht immer mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff sich verbindet (zu Wasser), sondern unter Umständen mit 16 Gewichtstheilen Sauerstoff (zu Wasserstoffhyperoxyd). Ebenso wissen wir, dass, je nach den Umständen, der Stickstoff mit dem Sauerstoff nicht weniger als 5 verschiedene Verbindungen bildet. Solche Fälle haben bisher die Gelehrten in Verlegenheit gebracht, und man hat sich gefragt: welche Verbindung bei der Bestimmung der Aequivalente irgend eines der verbundenen Stoffe zu Grunde gelegt werden sollte. Man suchte Abhülfe durch (richtige oder unrichtige?) „Gesetze“, die man meinte an anderen Aequivalenten beobachtet zu haben.

Bisher war blos von einfachen oder als einfach betrachteten Stoffen die Rede. Allein auch von zusammengesetzten Stoffen, von Verbindungen (anorganischen oder organischen) sollen die Aequivalente bestimmt werden.

Nach dem Ausgangspunkt des Maassstabs, welchen man sich gestellt, sollen auch mit jenen jedesmal 8 Gramme Sauerstoff gesättigt und das Ergebniss bestimmt werden. Aber nein: man verfährt wie folgt: Man bestimmt die „procentische Zusammensetzung“ des Stoffs, bestimmt nämlich bei jedem Stoff, wie viel von jedem einfachen Bestandtheil auf 100 Gewichtstheile, und theilt nun jedesmal die für einen Bestandtheil enthaltene Zahl durch das Aequivalent dieses einfachen Stoffs. Wozu, fragen wir, dient denn dieses Theilen? Das weiss wohl Niemand recht genau. Soviel ist gewiss: bei jeder „stöchiometrischen“ Rechnung mit organischen Stoffen muss man doch immer wieder zurückgehen zu der procentischen Zusammenstellung. Und wie, wenn einmal die Rechnung nicht ganz genau stimmt?

. . . .

Man hat hier offenbar ganz aus den Augen verloren, was ein Aequivalent eigentlich ist. Das Aequivalent eines Stoffs ist die Gewichtsmenge dieses Stoffs, welche mit einer bestimmten Menge eines bestimmten anderen Stoffs unter bestimmten Umständen sich verbindet. Jene Gewichtsmenge selbst ist keine bestimmte, sondern eine veränderliche Grösse, veränderlich je nach der Menge des Stoffs, welchen man zum Maassstab genommen hat. Das Aequivalent des Schwefels (16) z. B. kann bezeichnen 16 Gramme, Centigramme, Milligramme, Kilogramme u. s. w., kurz jede denkbare Grösse. Von so und so vielen Aequivalenten oder Atomgewichten eines Stoffs zu reden, und eine Zahl zu theilen durch ein Aequivalent, hat also keinen Sinn.

Dass jenes Rechnen nicht genügt, um das Aequivalent eines binären Stoffs zu finden, weiss man sonst wohl. Nachdem man das Theilen ausgeführt hat, verbindet man den Stoff dessen Aequivalent man bestimmen will mit irgend einem anderen (nur nicht mit 8 Gr. Sauerstoff!), z. B. mit Silberoxyd, und leitet aus dem Verhältniss, in welchem es sich mit einer bestimmten Menge desselben verbindet, das Aequivalent ab.

Bisweilen holt man auch das Verhalten des Stoffs in Dampfform herbei, d. h. sein Volumen in Dampfform, gemessen an den Volumina's der Bestandtheile, und will danach das Aequivalent des Stoffs bestimmen. Reine Willkür, weiter nichts.

Die „Aequivalente" welche man auf diese Weise erhält, vergleicht man miteinander und will daraus Gesetze ableiten für das geheimnissvolle Grundverhalten der Stoffe, für die Schwere der Atomen u. s. w.

Auf diese Weise wird die Wissenschaft unnöthig beschwert und die Köpfe armer Studirender werden beladen mit falscher Wissenschaft. —

So geht es aber von Jahr zu Jahr immer fort. Und wenn keine Abhülfe kommt, so wird bald die Chemie, anstatt eine Wissenschaft, ein wahres Chaos sein.

Gesetzt aber, man hätte alle Aequivalentzahlen der Stoffe richtig bestimmt, dies wäre noch keine Eintheilung. Wollte man eine Eintheilung daraus bilden, so könnte man z. B. alle Stoffe in einer Gruppe zusammenfassen, die sich mit dem Maassstab (etwa 8 Gr. Sauerstoff) in einem bestimmten Verhältniss verbinden (etwa wie 1—2), und in einer anderen Gruppe die-

jenigen Stoffe, welche mit demselben Maassstab sich verbinden im Verhältniss wie 1 : 3, 4 u. s. w. Die Frage bleibt, ob eine solche Eintheilung nicht rein unnatürlich, rein gezwungen sein würde, ob es nicht besser wäre, die Stoffe einzutheilen nach irgend einem anderen Grund, als nach der Zahl, in welcher sie sich verbinden mit einem unter ihnen[1]).

Aber, wird man sagen: sind die Aequivalentzahlen denn ohne irgend einen Nutzen? Nutzen haben sie allerdings, denn sie setzen uns in den Stand, Berechnungen auszuführen mit Bezug auf die Zusammensetzungen der Stoffe. Das ist aber auch Alles. Und solche Berechnungen erfordern ganz einfach, dass man wisse, in welchem Verhältniss einer vorliegenden Verbindung die Stoffe verbunden sind.

Diese Voraussetzung, welche der Aequivalentenlehre zu Grunde liegt, ist, wie es scheint, diese: nicht nur, dass die Menge eines Stoffs, welche mit einer gegebenen Menge eines andern sich verbindet, caeteris paribus, immer dieselbe ist, sondern auch, dass es ein bestimmtes Verhältniss gibt zwischen der Menge, in welcher ein Stoff S sich mit einem anderen S'' verbindet, und der Menge, in welcher der-

[1]) Es ist hier immer ein Uebelstand, dass der Stoff, den man zum Maassstab nimmt, selbst mit gehört zu den Stoffen, deren Aequivalente man bestimmen will. Daher die Verwirrung mit Bezug auf den Sauerstoff (S. 13). Der Uebelstand kann höchstens nur dadurch vermieden werden, dass man das Aequivalent dieses Stoffs, nicht das des Wasserstoffs, ein für allemal als 1 stellt.

selbe Stoff S mit einem beliebigen dritten S''' sich verbindet, so dass man also sagen kann: jeder Stoff hat eine Zahl, welche ihn kennzeichnet in seinem Verhalten zu allen anderen Stoffen und in welchen er aufzutreten pflegt in den Verbindungen, welche er mit anderen Stoffen eingeht: diese Zahl ist das „Aequivalent“ des Stoffs oder die kennzeichende Zahl desselben.

Nun ist ein bestimmtes Verhältniss da zwischen der kennzeichnenden Zahl eines Körpers und der kennzeichnenden Zahl der Körper, welche mit ihm sich verbinden, so dass es möglich wäre, aus einer derselben alle andern abzuleiten und z. B. zu schliessen: n g Eisen verbinden sich mit n g Schwefel; ergo verbindet sich n g Gold mit y g Chlor. Auf diese Weise würden alle Stoffe und Stoffverbindungen einen Rahmen bilden. Es handelt sich nun darum, für jeden Stoff die kennzeichnende Zahl zu finden.

So scheint man gefolgert zu haben. Gesetzt aber diess wäre richtig, so wäre der Weg, das Aequivalent eines Stoffs zu bestimmen, folgender:

Vor allem bestimme man einen Maassstab, d. h. eine unveränderliche Gewichtsmenge eines bestimmten Stoffs, so dass die Weise, wie ein anderer Stoff zu diesem sich verhält, das Aequivalent, besser die kennzeichnende Zahl für letztere ist. Für jenen Maassstab wähle man einen solchen Stoff, welcher mit allen anderen ohne Unterschied sich verbindet, oder wenigstens mit einer grossen Zahl derselben. Als Menge dieses Stoffs betrachte man also nicht eine Gewichtsmenge,

welche mit einem Gewichtstheil eines anderen, etwa Wasserstoff, sich verbindet, sondern eine solche Gewichtsmenge, die selbst eine Einheit ist, d. h. eine runde Zahl bildet, z. B. 1 oder 100 Gewichtstheile.

Dies ist nicht alles. Da die Menge eines Stoffs, welcher mit einer gegebenen Menge eines anderen sich verbindet, nicht unveränderlich ist, sondern nach den Umständen sich ändert, so soll man ein für allemal bestimmen, welche Umstände man bei der Aequivalentenbestimmung für einen Stoff, m. a. W. welche Art von Verbindung, man zum Maassstab nimmt: etwa eine Verbindung, welche bei einer gewissen Temperatur entsteht und in welcher die Bestandtheile in einem bestimmten Verhältniss zu einander stehen. Vorzugsweise wähle man eine solche Verbindung, wo das Verhältniss einfach ist, z. B. 1 : 1 oder 1 : 2. Hat man 1 Gewichtstheil Sauerstoff als Einheit gewählt, so wähle man als Verbindung etwa nicht Wasser (wo das Verhältniss 1 : 8). Auf diese Weise ist es dann möglich, wenigstens alle Verbindungen einfacher Stoffe auf einen gewissen Maassstab zurückzuführen, d. h. dieselben sämmtlich als ebensoviele Abänderungen einer und derselben Verbindung zu betrachten.

Gesetzt aber, man hat es zu thun mit einem Stoff, der mit dem als Maassstab gewählten Stoff sich nicht verbindet? Antwort: In diesem Fall soll man entweder schliessen, dass man den Maassstab schlecht gewählt hat, oder die Zahl des Stoffs auf mittelbarem Wege bestimmen. Man verbindet dann z. B. den Stoff, dessen Zahl man bestimmen will, mit einem anderen,

dessen Zahl man mit Rücksicht auf den Maassstab schon bestimmt hat, und berechne daraus sein Verhalten zu 1 Gew. Sauerstoff. Dies wäre jedoch nur möglich in der Voraussetzung, dass eine stetige Beziehung da ist zwischen dem Verhältniss, welches *S* mit *S''* verbindet, und dem Verhältniss, in welchem *S''* sich verbindet mit dem als Maassstab angenommenen Stoff.

Wenn es aber geschieht, dass ein Stoff *S* mit dem Maasstab (z. B. 1. S.) mehr als eine Verbindung eingeht? In diesem Fall soll man entweder für den Stoff *S* mehr als eine kennzeichnende Zahl annehmen, oder eine jener Verbindungen als eine höhere Verbindung, als eine ternäre betrachten, wobei der Stoff mit einer seiner eigenen Verbindungen sich verbindet. Es kommt nämlich in der That manchmal vor, dass ein zusammengesetzter Stoff wie ein einfacher sich beträgt, und als solcher mit andern Stoffen neue Verbindungen bildet.

Soweit über die kennzeichnenden Zahlen der einfachen oder als einfach betrachteten Stoffe. Nun hat man, wie gesagt, auch von zusammengesetzten Stoffen die Aequivalente zu bestimmen gesucht: von binären Stoffen und sogar von ternären.

Wie soll man mit solchen verfahren? Die kennzeichnende Zahl eines zusammengesetzten Stoffs setzt voraus, dass das Gesetz, welches die Grundlage der kennzeichnenden Zahlen bildet, für zusammengesetzte Stoffe ebenso gilt als für einfache, d. h. dass eine bestimmte Menge eines binären oder ternären Stoffs, caeteris paribus, sich verbindet mit immer derselben

Menge eines anderen und zwar eines Maassstabs. Nun finden wir in der That zusammengesetzte Stoffe, die dieser Bedingung entsprechen, die gegenüber anderer (einfacher oder zusammengesetzter) sich verhalten wie Schwefel u. s. w. (Radikale).

Die kennzeichnende Zahl (Aequivalent) eines einfachen Stoffs erhielten wir, indem wir untersuchten, wie viel des Stoffs sich verbindet mit der einheitlichen Menge eines Stoffs, der als Maassstab angenommen ist. Ob der Stoff einfach oder zusammengesetzt ist, thut hier nichts zur Sache. Kurz und gut, um das Aequivalent eines zusammengesetzten (binären, ternären) Stoffs zu finden, soll man auf ähnliche Weise verfahren, d. h. ihn verbinden mit der bestimmten Menge des Maassstabs. Man soll z. B. 1 Gramm Sauerstoff sättigen mit Cyan, Chlorwasserstoff u. dgl. und die verbrauchte Menge bestimmen. Man würde auf diese Weise kennzeichnende Zahlen zusammengesetzter Körper finden und indem man jedesmal eine solche Zahl eines Körpers vergliche mit den kennzeichnenden Zahlen der Bestandtheile eines Körpers, würde man vielleicht zu einem überraschenden Gesetze und zu einem Einblick in das Wesen der Verbindungen gelangen.

Jedoch, nicht alle zusammengesetzten Stoffe betragen sich als einfache Stoffe. Es gibt vielleicht einige, welche mit dem Stoff, den man als Maassstab gewählt hatte, in Berührung gebracht, mit diesem nicht sich verbinden, sogar wohl zerfallen würden. Hier kann man, vorausgesetzt dass der Maassstab richtig gewählt ist, das Aequivalent entweder gar nicht, oder

nur auf einem Umwege bestimmen. In der That, vielleicht gibt es Stoffe, die, man wähle als Maassstab welche Stoffe und welche Menge derselben man wolle, so zu sagen keine kennzeichnende Zahl haben. Vielleicht ist es völlig unmöglich, um nach der Menge, in welche die Stoffe mit andern sich verbinden, alle Stoffe auf einen gemeinschaftlichen Maassstab zurückzuführen. Soviel ist gewiss, dass in unseren Tagen an eine solche Unternehmung gar kein Denken ist.

Gesetzt aber, es wäre unmöglich, alle kennzeichnende Zahlen auf einen Maassstab zurückzuführen: das Wesen der kennzeichnenden Zahlen selbst und deren Wichtigkeit wäre keineswegs dadurch aufgehoben. Immer bliebe es möglich, für jeden Körper, der überhaupt mit irgend einem anderen sich verbindet, das Verhältniss anzugeben, in welchem ein bestimmter Gewichtstheil des Einen mit einer Einheit des anderen sich verbindet, und also die Berechnungen auszuführen, zu welchen die Aequivalente benutzt werden. Allein, für die Kunstsprache der Chemie und für die Eintheilung der Stoffe müssen wir uns zu behelfen suchen. Hierin soll man jedoch vernünftig verfahren, immer das Ideal vor Augen behalten und nie ohne Noth sich davon entfernen, so dass jeder Schritt uns demselben näher bringt. Nie soll man aus Verzweiflung willkürlichen oder unhaltbaren Speculationen in die Arme sich werfen. Sehen wir einmal zu: was ist für die Sprache der Chemie immer die Hauptsache? Die Hauptsache dabei ist diese: für jede Stoffart ein vernünftiges Zeichen zu finden,

ein solches Zeichen, welches uns (einige Erkenntnisse vorausgesetzt) möglichst vollständig, auf den ersten Blick, die wichtigsten Eigenschaften jener Stoffart vor den Geist bringt. Solche wichtigsten Eigenschaften nun sind allerdings für einen einfachen Stoff die Weise, wie er mit andern sich verbindet, und in welcher Menge. Ist es, dass er mit allen in gleicher Menge sich verbindet, so kann man dies ein für allemal anzeigen, z. B. durch eine Ziffer, welcher man den Namen des Stoffs zufügt. Eisen würde z. B. heissen Fe^n.

Was die zusammengesetzten Stoffe anbelangt, hat man zu unterscheiden zweigliedrige, dreigliedrige, binäre, ternäre, quaternäre u. s. w. Bei einer binären Verbindung soll das Zeichen (Formel) andeuten: 1) die Beschaffenheit der Bestandtheile, z. B. Eisen und Sauerstoff: 2) (wenn die Verbindung stetig ist), wieviel von jedem Bestandtheile auf eine bestimmte Gewichtsmenge der Verbindung kommt. Was diese Gewichtsmenge anbelangt, man kann sie so gross oder so klein wählen wie man will. Man kann z. B. sagen 100 Theile, oder man kann sie immer so gross nehmen, dass sie irgend einen Bestandtheil Eisen, zu einer bestimmten Menge, z. B. 100 Theile enthält. Man konnte z. B. wählen, entweder die Form $Fe^n + O^{100\,n}$ oder die Form $Fe^{100} + O^n$.

Was die ternäre Verbindung anbelangt, eine solche lässt sich betrachten entweder als eine binäre Verbindung, welche als solche eine neue Verbindung eingeht, oder als eine binäre Verbindung, in welcher

eines der einfachen Glieder ersetzt ist durch eine binäre Verbindung; wie man a + b + c betrachten kann als (a + b) + c, oder z. B. als g + c, in welchem g ersetzt ist durch a + b. Die erste Frage aber ist hier, wie soll man dabei verfahren?

Denn in diesem Falle kann man es auf zwei Weisen thun, je nach dem Gliede der binären Verbindung, das man als ersetzt betrachtet. a + b + c kann man ja betrachten als (a + b) + c und als a + (b + c). In der Chemie aber ist das offenbar keine Sache der Willkür. Man soll der wirklichen Beschaffenheit der Verbindung Rechnung tragen. Hier gelte folgende Regel: Was die Natur geeint hat, soll der Mensch nicht als getrennt betrachten. M. a. W.: man soll dem Bau der Stoffe, ihren „schwachen Stellen“[1]) Rechnung tragen. *Diejenigen Theile der Verbindung, welche am innigsten verbunden, sind diejenigen, welche bei den verschiedenen Schicksalen des Stoffes treu zusammen bleiben; diese betrachtet man als ein Ganzes.* Es fragt sich also, wie ist die Verbindung entstanden, und wie verhält sich die Verbindung, wenn sie zerfällt, z. B. wenn ein Theil derselben austritt und ein anderer Stoff dessen Stelle einnimmt. Cyanwasserstoff z. B. besteht aus C. N. H. Man weiss, dass es entstanden ist durch Zusammenbringen von $C^{n} + N^{n'}$ mit $H^{n''}$. Formel also $(C^{n} + N^{n'}) + H^{n''}$[2]).

---

[1]) Siehe hierzu unsere philosophischen Grundlagen der Chemie.

[2]) Die Zahlen lassen wir vorläufig unbestimmt.

Es ist nicht nöthig, dass die drei Bestandtheile einer ternären Verbindung alle zu verschiedenen Stoffarten gehören; es kann ja geschehen, dass eine binäre Verbindung, als ein Ganzes, wieder sich verbindet mit einer neuen Menge des Stoffs, welcher einen ihrer Bestandtheile bildet.

Wir haben schon gesehen, dass einige Verbindungen, die man als binäre zu betrachten pflegt, zu betrachten sind als ternäre, in welchen eine binäre Verbindung sich noch einmal verbindet mit einer der Stoffe, aus welchen sie besteht. Aus dem Entstehen des Wasserstoffhyperoxyds, z. B. aus der Weise seiner Spaltung, geht hervor, dass er ist = Wasser + O., d. h. H. O. und nochmals O. Man kann es also auch betrachten als irgend ein Metalloxyd (Wasser, Eisenoxyd), wo das Metall ersetzt ist durch Wasser. Ebenso ist Stickstoffoxyd eine ternäre Verbindung aus Stickstoffoxydul u. dgl.

Eine quaternäre Verbindung nun kann man betrachten entweder 1) als die Verbindung einer ternären Verbindung mit einem einfachen Stoff, oder 2) als eine binäre Verbindung, in welcher ein Bestandtheil ersetzt ist durch eine ternäre Verbindung, oder 3) als eine Verbindung zweier binärer Verbindungen, oder 4) als eine binäre Verbindung, in welcher beide Elemente ersetzt werden durch binäre Verbindungen.

Es ist nicht nöthig, dass die vier Bestandtheile einer quaternären Verbindung alle zu verschiedenen Stoffarten gehören. Es kann ja geschehen, dass eine ternäre Verbindung sich verbindet mit einer neuen Menge einer Stoffart, welche zu ihren Bestandtheilen gehört,

oder dass eine binäre Verbindung sich verbindet mit einer anderen binären Verbindung, in welcher eine Stoffart vorkommt, die sie selbst enthält. So sind die meisten Salze, wenn man will, quaternäre Verbindungen, und ihr Entstehen zeigt, dass sie zu betrachten sind als Verbindungen zweier binären Verbindungen, welche in der Regel beide Sauerstoff enthalten.

Aehnliches gilt für quinternäre Verbindungen u. s. w.

Wenn man auf diese Weise verfährt, wird man finden, dass manche quaternäre Verbindungen dadurch entstanden sind, dass eine und dieselbe ternäre Verbindung sich mit verschiedenen anderen Stoffen verband, oder dass eine und dieselbe binäre Verbindung mit verschiedenen anderen binären Verbindungen sich verband, kurz, dass sie als Umwandlungen eines und desselben Stoffes zu betrachten sind, dass sie, bildlich geredet, wie Zweige eines und desselben Baumes sind. Solche ternäre Verbindungen bilden eine Gruppe, und die gemeinschaftliche ternäre Verbindung wird für diese Gruppe kennzeichnend sein. Man wird weiter finden, dass die ternäre Verbindung, deren genannte quaternäre Verbindungen so viele Abänderungen sind, selbst eine Verbindung ist einer binären Verbindung, welche mit verschiedenen Stoffen verschiedene ternäre Verbindungen bildet, so dass sie, so zu sagen, wie ein Hauptast des Baumes ist, welcher zu verschiedenen Seitenästen Anlass gibt, und dass diese ternäre Verbindung mit anderen ternären Ver-

bindungen eine Gruppe bildet, welche durch eine binäre Verbindung gekennzeichnet wird.

Man wird weiter finden, dass letztere Verbindung aus zwei Stoffen besteht, deren jede verschiedene Verbindungen mit anderen bildet als Häupter von Gruppen, wie dies bei mehreren Arten höherer Ordnung der Fall ist.

Also immer höher aufsteigend, wird man vielleicht dazu kommen, ein vernünftiges System [1]) von Pflanzenstoffen, und eine vernünftige chemische Kunstsprache zu bilden, welche die schönste aller Kunstsprachen sein wird. Wenn man so verfährt, wird man

---

[1]) Ein solches System würde zugleich eine Darstellung geben von der Weise, wie man sich denken kann, dass alle Stoffe (es sei durch die Arbeit der unbewussten Natur, es sei durch die bewusste Arbeit der Menschen) aus einigen wenigen Urstoffen, vielleicht sogar aus einem einzigen sämmtlich hervorgegangen seien. Auf diese Weise würde man gewissermassen eine Abstammungslehre (einen Darwinismus wenn man will) für die chemischen Stoffarten haben.

Für die Grundstoffe haben wir vor einigen Jahren eine solche Abstammungslehre versucht, wir hoben dabei die Thatsache hervor, dass Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften öfters in der Natur einander begleiten, so Chlor, Brom, Jod in Meereswasser, so Eisen, Nickel und Cobalt in den Meteoren, so Platin und seine Verwandten im Ural u. dgl.

Dieses Ideal jedoch wird in der Vollkommenheit nur ausführbar sein, wenn wir mit der Zusammensetzung aller Stoffe genau bekannt sein werden, wenn wir wenigstens mit Gewissheit bestimmt haben werden, welche Stoffe einfach, welche zusammengesetzt sind.

zwar nicht erwarten dürfen, in unseren Tagen schon ein vollkommenes System der Stoffarten zu erlangen, man wird jedoch eine Grundlage legen, auf welcher die Nachwelt weiter bauen kann. Man wird nicht vergeblich gearbeitet haben.

Die erste Bedingung dazu aber ist, die procentische Zusammensetzung der Stoffe hoch in Ehren zu halten. Von dieser soll man immer ausgehen. Weiter hat man zu verfahren wie folgt. N. E. kann man folgendes Gesetz feststellen: In jeder Verbindung gibt es einen Bestandtheil, der am wichtigsten ist. So z. B. das Eisen im Eisenoxyd, Aethyl im Alkohol. Man suche nun für jede Verbindung diesen wichtigsten Bestandtheil zu bestimmen. Begegnet man zweien oder mehreren Verbindungen, in welchen derselbe Bestandtheil der wichtigste ist, so mache man daraus eine Gruppe u. s. w. — Vorläufig wird man ebenso viele Hauptgruppen haben, als es einfache Stoffe gibt.

Wir gelangen zum Schluss:

1) Die heutige Lehre der Aequivalente ruht auf falscher Grundlage, und bedarf einer völligen Umwandlung.

2) Die Zahlen, welche gegenseitig als Aequivalentzahlen der einfachen Stoffe aufgeführt werden, sind zum Theil wenigstens unhaltbar.

3) Bei der Bestimmung der Aequivalente kann man von 8 Geweichtstheilen Sauerstoff ausgehen, d. h.

jedesmal fragen, wieviel eines vorliegenden Stoffs vertritt 1 Gewichtstheil Wasserstoff? In diesem Fall aber kann das Aequivalent des Sauerstoffs selbst nicht 8 sein.

Will man aber das Aequivalent des Sauerstoffs auf 8 stellen, so ist das Aequivalent des Wasserstoffs nicht 1, sondern die Zahl, in welcher der Wasserstoff sich verbindet mit einem Stoff, welcher sich mit Sauerstoff verbindet als 1 : 8.

4) Das Aequivalent eines Stoffs drückt nicht eine bestimmte Menge dieses Stoffes aus, sondern die Anzahl Gewichtstheile dieses Stoffs, welche sich verbinden mit einer als Einheit angenommenen Menge eines bestimmten Stoffs unter gegebenen Umständen. Es hat also keinen Sinn, die Formel eines organischen Stoffs dadurch zu bestimmen, dass man die Menge eines einfachen Stoffs, welcher eine grosse Menge desselben enthält, theilt durch das richtige oder unrichtige Aequivalent dieses Stoffes. Die Formel eines zusammengesetzten Stoffs soll auf der „procentischen Zusammensetzung“ desselben ruhen.

5) Um das Aequivalent einer binären Verbindung, d. h. einer Verbindung zweier einfachen Stoffe zu bestimmen, soll man dieselbe betrachten als einen einfachen Stoff und auf gleiche Weise mit ihm verfahren wie mit einem einfachen Stoff. Ebenso mit jeder Verbindung, gleichgültig ob sie dreigliedrig, viergliedrig u. s. w. sei.

6) Um die Formel einer Verbindung zu bestimmen, soll man dieselbe immer zurückführen auf eine binäre Verbindung. Ist sie zusammengesetzt, so soll